

표면 플라즈몬 현상을 이용한 리소그래피 Lithography by using surface plasmon

이준섭, 이지환, 송석호†
한양대학교 물리학과 BK21 고급인력 양성 사업단
shsong@hanyang.ac.kr

광원과 노광 기술의 발달에 따라 다양한 리소그래피 방법들이 개발되고 있다. 노광 기술의 발전은 보다 세밀한 형상을 전사하거나, 단시간에 노광을 끝내는 방향으로 이루어지고 있다. 이러한 목적에 의하여 좁은 선폭의 노광을 위하여 회절 현상이 줄어드는 soft X-ray⁽¹⁾, E-beam⁽²⁾, 혹은 AFM 등을 노광⁽³⁾에 적용하거나, 짧은 시간에 보다 넓은 면적을 노광하기 위한 대면적 노광⁽⁴⁾을 위한 방법들이 연구되고 있다.

본 연구에서는 좁은 선폭의 노광을 위한 방법으로 표면 플라즈몬을 이용한 노광 방법을 제시한다. 표면 플라즈몬 현상은 금속과 유전체의 경계면에서 빛이 전파되는 현상으로 광도파로, 센서와 같은 다양한 응용이 제시되고 있다⁽⁵⁾⁽⁶⁾. 표면 플라즈몬 현상을 이용하면 특정한 위치에서만 빛이 구조의 외부로 방출되도록 할 수 있으므로, 이러한 현상을 이용하면 좁은 선폭의 노광이 가능할 것임을 예상할 수 있다.

표면 플라즈몬 현상을 이용한 노광을 위해서는 크게 두 가지의 과정이 요구된다. 첫째는 표면 플라즈몬 현상에 의하여 특정 위치에서만 빛이 방출되는 마스크를 제작하는 단계이다. 이는 일반적인 리소그래피에서의 포토마스크를 대신하는 것인데, 포토마스크에서는 노광에 사용되는 빛을 차단하는 크롬과 같은 물질들이 특정 위치에서만 제거되어 있는 식으로 제작이 되지만, 표면 플라즈몬 현상을 이용한 노광에서는 마스크에서 플라즈몬 현상에 의하여 빛이 전파가 가능하여야 하고, 특정 위치에서는 빛이 방출되어야 하는 두가지 조건이 만족되도록 설계, 제작되어야 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 그림 1과 같은 방법으로 마스크를 제작하였다. 우선은 100방향의 실리콘 산화막이 증착된 실리콘 기판을 준비한다. 그리고 일반적인 리소그래피를 통하여 동일한 선폭으로 실리콘 산화막을 제거한다. 이때 제거되는 실리콘 산화막은 선 모양으로 제거가 되도록 하는데, 그 방향이 실리콘의 결정 방향과 나란하도록 한다. 이러한 방법으로 실리콘 산화막이 제거되면 KOH용액을 이용하여 실리콘 기판에서 비등방성 식각이 일어나도록 한다. 실리콘의 비등방성 식각은 실리콘의 결정 방향에 따른 식각 속도의 차이에 의하여 발생되는데, 이를 이용하면 모서리가 매우 날카로운 V자 형태의 홈이 형성되도록 할 수 있다. 이렇게 형성되는 V자 형태의 홈이 있는 실리콘 기판은 복제 공정의 스템퍼로 사용되는데, 여기에 UV 경화제를 넣고 굳힌다. 그리고 경화제를 분리한 후에 금속 박막을 증착한다. 사용되는 경화제와 금속 박막은 플라즈몬 여기가

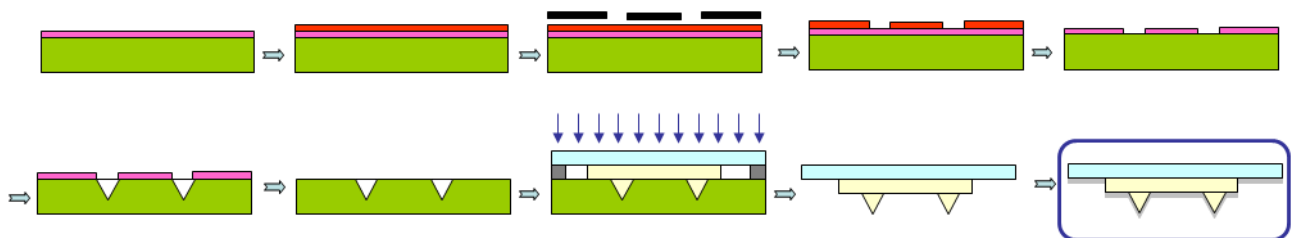


그림 1 마스크의 제작

가능하도록 결정이 되어야 하는데, 실험에서는 Norland 사의 경화제를 사용하였으며 Ag박막을 그 위에 증착하였다. 표면 플라즈몬 현상에 의한 노광의 첫 단계인 마스크의 제작은 전술한 방법에 의하여 이루어진다. 이 과정이 끝나면 실제로 마스크에 노광을 하여 감광제를 노광하는 두 번째 단계를 수행하게 된다. 그림 2는 실제 노광 과정을 보여준다. 노광은 442nm 파장의 빛을 사용하고자 할 경우에는 14.3도의 각도로 비스듬히 비추어져야하는데, 이러한 방법으로 노광을 하면 UV경화제와 Ag의 경계면에서 전파되던 빛은 마스크의 뾰족하게 튀어나온 부분에서 마스크의 외부로 방출되게 된다. 이렇게 외부로 방출되는 빛을 이용하여 노광을 하면 좁은 선폭의 노광이 가능하다.

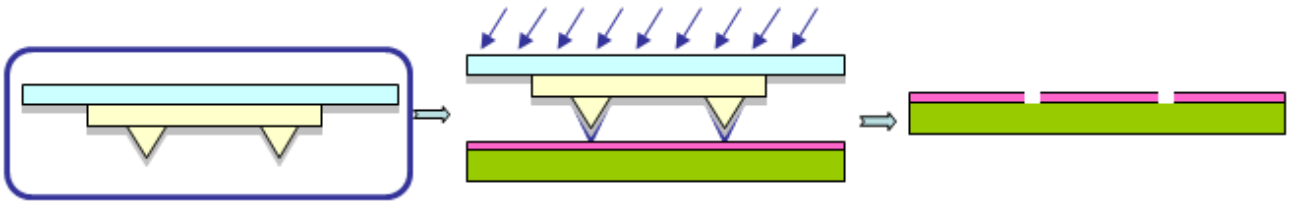


그림 2 플라즈몬 여기 마스크를 이용한 감광제의 노광

그림 3은 마스크와 실제 노광의 결과물을 보여준다. 21 μm 의 간격으로 나란히 있는 선 모양의 마스크를 이용하였으므로, 동일한 간격으로 감광제가 제거되어 있는 결과물을 볼 수 있다. AFM으로 측정하여, 감광제가 제거된 부분의 선폭은 0.8 μm ~ 1.5 μm 정도임을 알 수 있는데, 이는 마스크의 끝단이 부분적으로 뭉개 지면서 빛이 방출되는 부분의 폭도 넓어졌기 때문으로 예상된다.

본 연구에서는 표면 플라즈몬 현상을 노광에 이용하기 위해서 요구되는 마스크의 조건을 고려하여 실제로 제작하였으며, 이를 이용하여 노광을 수행하였다. 노광을 통하여 플라즈몬으로 여기되는 빛을 이용하여 노광이 가능함을 확인하였다.

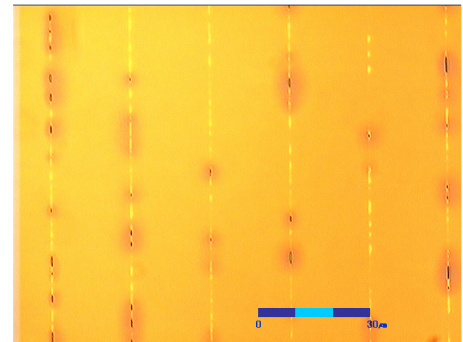


그림 3 노광 결과

본 연구는 우수연구센터지원사업 (R11-2003-022-02002-0(2008)) 의 지원으로 수행되었습니다.

Reference

1. Marc J. Madou, " Fundamentals of microfabrication 2nd ed." CRC press 2002, pp. 325-335
2. E.-B. Kley, B. Schnabel, "E-beam lithography: a suitable technology for fabrication of high-accuracy 2D and 3D surface profiles" SPIE vol.2640, 2006, pp.71-80 E beam
3. Richard D. Piner, et al., "Dip-Pen Nanolithography" science vol 283, Jan. 1999 pp.661-663
4. KANTI JAIN, et al. "Large-Area High-Resolution Lithography and Photoablation Systems for Microelectronics and Optoelectronics Fabrication", PROCEEDINGS OF THE IEEE, VOL. 90, NO. 10, OCTOBER 2002 pp.1681-1688
5. J.J. Burke, et al. "Surface-polariton-like waves guided by thin, lossy metal films", PRB vol. 33(8) April 1986 pp. 5186-5201
6. Jiri Homola, et al. "Surface plasmon resonance sensors: review", sensor and actuators B 54 (1999)3-15